

HIDROCLIMATOLOGÍA DEL ORIENTE E HIDROSEDIMENTOLOGÍA DE LA CUENCA DEL NAPO

Alain LARAQUE ⁽¹⁾, Jean Loup GUYOT ⁽²⁾, Rodrigo POMBOSA ⁽³⁾

Resumen

En Ecuador, la hidroclimatología andina ha sido estudiada intensamente por el INAMHI desde la segunda mitad del siglo pasado. Sin embargo, los estudios hidrológicos en la planicie amazónica, empezaron recientemente con el proyecto HYBAM (convenio INAMHI/IRD), en una región que constituye la puerta oriental de acceso del Ecuador al resto del continente sudamericano.

Los regímenes pluviométricos e hidrológicos así como los caudales anuales, presentan una gran variación espacial en relación a los importantes cambios fisiográficos de sus cuencas (ej., relieve, clima). Las precipitaciones medias interanuales del orden de 400-900 mm.año⁻¹ en la Cordillera Real, aumentan en dirección a la planicie amazónica donde alcanzan los 3 000 mm.año⁻¹, pero con regímenes más regulares que en los Andes. La variación espacial de los escurrimientos se nota a través de los caudales específicos que varían de 6,6 hasta 110 l.s⁻¹. km². En total son cerca de 150x10⁹ m³ de agua que salen anualmente (promedio de los años 2001 y 2002) de las principales estaciones hidrológicas de las cuencas del Aguarico, Napo, Pastaza y Santiago. El Napo es el río oriental más caudaloso, seguido por los ríos Santiago y Pastaza, con 2 100, 1 400 y 650 m³.s⁻¹ respectivamente.

Existen también datos hidrosedimentológicos de los Andes desde el año 1970, provenientes del INECEL y del INAMHI. Pero en la planicie amazónica, las primeras mediciones empezaron en el año 2001 con el mismo proyecto HYBAM. Los primeros resultados nos permiten considerar a la cuenca del Napo como la mayor cuenca fluvial amazónica ecuatoriana, con una exportación anual de 63x10⁹ m³ de flujo hídrico y 24x10³ toneladas de flujo sólido. Casi la mitad de este flujo

⁽¹⁾ HYBAM (UR154 LMTG), IRD - BP 64 501 - 34 394 Montpellier Cedex 05, France (alain.laraque@mpl.ird.fr)

⁽²⁾ HYBAM (UR154 LMTG), IRD, Casilla 18 1209 - Lima 18, Perú (jloup@amauta.rcp.net.pe)

⁽³⁾ INAMHI - Quito. Ñaquito700 y Corea, Ecuador (rpombosa@inamhi.gov.ec)

sólido proviene de la remoción de los sedimentos fluviales finos situados en las primeras llanuras del pie de monte. En este sector, el gradiente hidrológico del río Napo es relativamente alto (35 cm.km^{-1}), superior en más de 10 veces a aquellos de la planicie amazónica central, lo que implica una velocidad y una fuerza suficiente para erosionar su propio cauce y mantener un curso relativamente rectilíneo.

Palabras claves: Ecuador, Napo, cuenca amazónica, climatología, hidrología, hidrosedimentología.

INTRODUCCIÓN

La cuenca amazónica ecuatoriana, conocida como “Oriente”, tiene un área de $135\,600 \text{ km}^2$, y corresponde a la mitad oriental de la superficie del Ecuador (fig. 1). Está constituida por la vertiente oriental de los Andes y hacia el este por la planicie amazónica cubierta de selva húmeda. Esta área representa solamente el 2% de la superficie total de la cuenca amazónica.

El desarrollo socioeconómico del Oriente se relaciona directamente con la integración fluvial, lo que implica la importancia del conocimiento de sus regímenes hidrológicos. Algunos de sus ríos podrían ser aprovechados para el intercambio económico con el Perú y posteriormente con el Brasil; es el caso de los ríos Putumayo, Aguarico, Napo, Morona y Santiago. Existen ya varios proyectos de integración fluvial para ligar los océanos Pacífico y Atlántico (Georgescu, 1993).

El proyecto internacional HYBAM (Hidrogeodinámica de la cuenca amazónica), llevado a cabo por Brasil, Bolivia, Ecuador, Perú y Francia, tiene como objetivo el estudio integrado de los aspectos climatológicos, hidrológicos, sedimentológicos y geoquímicos de toda la cuenca amazónica, para entender su funcionamiento y su geodinámica. Con este propósito fue lanzada, en enero del 2001, una red de 7 estaciones de referencia en el Oriente ecuatoriano, con el apoyo del gobierno francés (INSU, proyecto PNSE) y la colaboración de Institutos ecuatorianos (INAMHI, INOCAR) con quienes coopera el IRD.

Este capítulo presenta una síntesis de los conocimientos de los regímenes hidropiuviométricos tomando en cuenta los datos históricos y los primeros datos y resultados preliminares obtenidos por HYBAM, los mismos que, finalmente, permiten analizar y entender los procesos de transferencia sedimentaria en el “Oriente” ecuatoriano.

1. LAS CUENCAS DEL ORIENTE

La Cordillera Andina, de orientación Norte-Sur, divide al Ecuador en dos regiones. Esta división topográfica entre sus vertientes occidental y oriental fue denominada “la avenida de los volcanes” por Humboldt (1825) en el inicio del siglo XIX, debido a la presencia de alrededor de cincuenta edificios volcánicos, varios de los cuales están hoy en actividad. Esta columna vertebral del Ecuador, cubierta de glaciares en sus cumbres, varía en altitud entre 4 000 y 6 300 metros, y forma el límite natural de división de los escurrimientos.

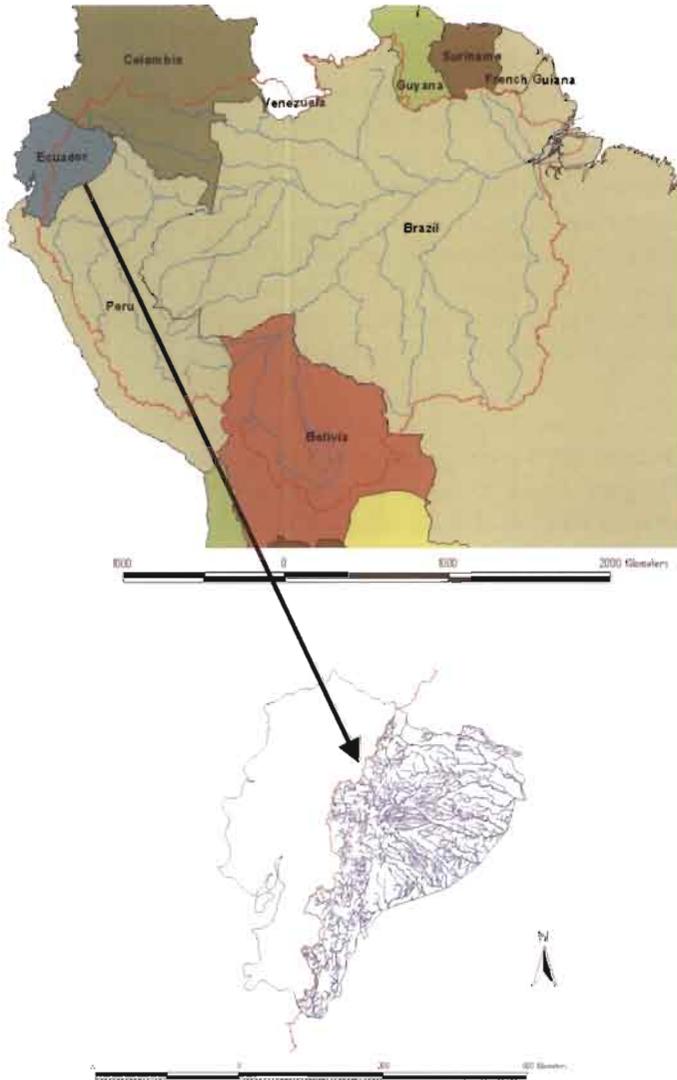


Fig. 1 – Red hidrográfica del Oriente Ecuatoriano y su situación dentro de la cuenca amazónica. Línea roja de la fig. 1b: límite occidental de la cuenca amazónica.

La vegetación cambia muy rápidamente en función de la altura, pasando de un estado de “puna” encima de los 3 000 m de altura, hasta una vegetación ecuatorial densa que continúa hacia las partes bajas muy húmedas. Esta cobertura vegetal correspondía en 1976 al 82% (UNESCO, 1980) de la totalidad de la cuenca oriental ecuatoriana, la cual se localiza entre las latitudes N 0°20' y S 4°30', y las longitudes W 78° y W 75°.

El flanco Este de la Cordillera Oriental ecuatoriana (o Cordillera Real) tiene un fuerte relieve que desciende de entre 6 000 y 4 000 m hasta 500 m, en solamente 100

kilómetros. Gran parte de las pendientes corresponden a las faldas de los volcanes y están compuestas de rocas eruptivas bajo la forma de colada de lava, brechas, conglomerados, lahares y capas de cenizas volcánicas, entre otros. En el “pedemonte” aparecen formaciones aluviales cuaternarias, areniscas y calizas de edad paleozoica a mesozoica (ver Bès de Berc *et al.*, capítulo 1 de este libro). La Cordillera Oriental tiene una actividad volcánica y sísmica intensa que se traduce a menudo en erupciones de nubes de ceniza seguidas de lahares y por derrumbes muy destructivos y frecuentes. Estos eventos están amplificados por las pendientes fuertes, la falta de consistencia de los suelos, la existencia de numerosas fallas y además por las intensas lluvias. Estas características favorecen la erosión y el enriquecimiento en MES (Material En Suspensión) de los escurrimientos. Este MES es transportado por los ríos, hasta las grandes llanuras amazónicas.

La red de drenaje oriental tiene su orientación hacia el Este, perpendicularmente a la Cordillera Oriental. De Norte a Sur, los principales ríos que salen del Ecuador hacia el Este son: San Miguel, Aguarico, Napo, Curaray, Tigre, Corrientes, Pastaza, Morona, Santiago y Chinchipe (ver tab. 1 y fig. 2). El río San Miguel marca la frontera con Colombia al Nor-este y pertenece a la cuenca del río Putumayo. Este proviene de Colombia, atravesando el límite fronterizo, y toma el nombre de río Iça en el Brasil antes de desembocar en el río Marañón/Amazonas. El río Aguarico marca, en la última parte de su curso, el límite con Perú en la extremidad Noreste del Ecuador, antes de desembocar en la orilla izquierda del río Napo. Finalmente, en el Perú, el río Curaray se une con la orilla derecha del Napo, y el río Corrientes con el río Tigre también por su orilla derecha. Los demás ríos llegan directamente a la orilla izquierda del eje principal Marañón/Amazonas.

En el Ecuador, las tres grandes cuencas hidrográficas orientales son en orden decreciente: la del Napo (31 400 km²), la del Santiago (26 300 km²) y la del Pastaza (21 300 km²). La primera mitad de la superficie oriental pertenece al sector “andino” con relieve superior a 500 m. Mientras que la segunda mitad forma parte del dominio de las

Códigos de la fig. 2	Cuencas (del Norte al Sur)	Superficie Total (km ²)	Superficie Andes (sup.> 500 m en km ²)	% (Andes)
a y a'	Putumayo y San Miguel	7 130	1 400	19,5
b	Aguarico - A.J. Napo	13 890	4 480	32,3
c	Napo - A.J. Aguarico	31 410	14 020	44,6
d	Curaray - Frontera	16 700	510	3,1
e	Pintoyacu	7 100	2	0,0
f	Corrientes	2 020	90	4,5
g	Pastaza - Frontera	21 140	14 630	69,2
H	Morona - Frontera	6 720	2 720	40,5
I	Santiago - Frontera	26 340	26 090	99,1
J	Chinchipe - Frontera	3 140	3 140	100,0
	Total Oriente Ecuador	135 590	67 082	49,5

A.J.: Antes de la Junta ; D.J.: Después de la Junta

Tabla 1 – Las cuencas hidrográficas orientales del Ecuador y su relieve.

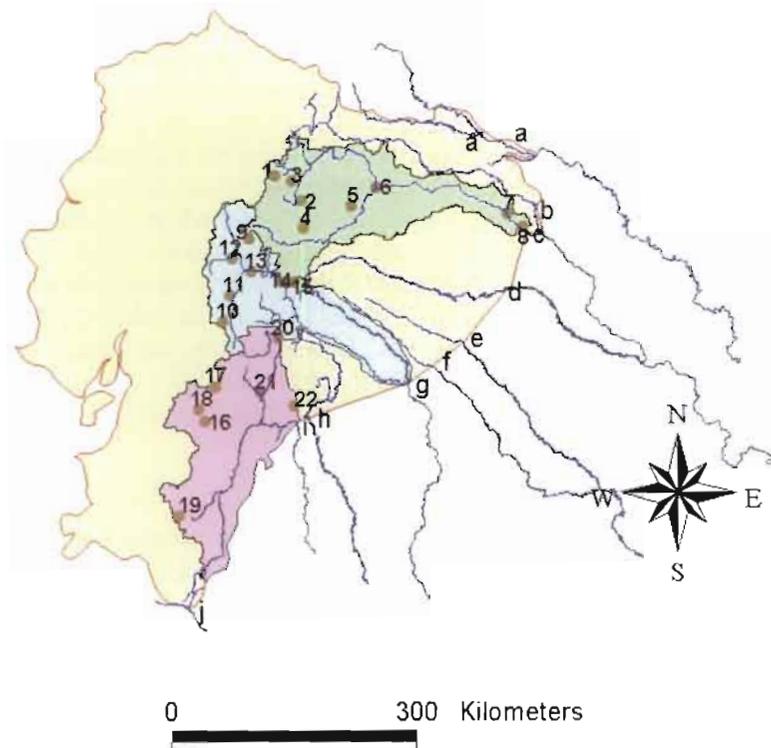


Fig. 2 – Localización de las estaciones pluviométricas estudiadas. Nota : los códigos corresponden a las estaciones presentadas en la tabla 2. Del norte al sur : cuencas del Napo, Pastaza, Santiago.

llanuras amazónicas, marcado por una ausencia de relieve y una densa cobertura fluvial. La tabla 1 presenta la repartición del relieve en esta red de drenaje. En la parte ecuatoriana, tres cuencas (Curaray, Tigre, Corrientes) son de características totalmente “amazónicas”, en cuanto que dos otras (Santiago y Chinchi) son completamente “andinas”. Las demás tienen en su constitución una porción montañosa que varía entre 20 y 70 %.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

2. 1. Origen de los datos

La red hidrográfica presentada en las figuras 1, 2 y 6, proviene de la digitalización de un mosaico de imágenes satelitales JERS-1, con una densidad de cerca de 0,15 km.km⁻². La metodología utilizada fue descrita por Muller *et al.* (1999). Los límites y las superficies de las subcuencas fueron obtenidos por extracción semi-automática a partir del MNT GTOPO30 (disponible en la USGS) con la metodología descrita por Muller *et al.* (2000).

La red hidroclimatológica del INAMHI cubre todo el país, sin embargo, la red hidrológica es poco densa en la planicie amazónica. Para completar este dispositivo y poder estudiar el funcionamiento hidrológico e hidrosedimentológico de estos ríos en su parte baja, el proyecto HYBAM instaló a finales del 2000/inicios del 2001, una red de 7 estaciones de referencia localizadas entre el piedemonte y la planicie amazónica. Estas estaciones fueron elegidas por su situación geográfica, la misma que permite controlar ecosistemas homogéneos (dominio andino controlado por la estación de D.J. Iloculín sobre el río Jatunyacu) y/o cerrar subcuencas (ej., del alto Napo en Francisco de Orellana, del río Coca en San Sebastián) y finalmente, controlar la mayor parte posible de las cuencas hidrográficas orientales del Ecuador. Las tablas 2 y 3 presentan las estaciones climatológicas e hidrológicas consideradas en este trabajo. En las dos estaciones más importantes del río Napo (Francisco De Orellana y Nuevo Rocafuerte), ya existían datos limnimétricos desde 1983, recogidos diariamente por el INOCAR.

2. 2. Metodología

Las estaciones hidrológicas del INAMHI ya estaban calibradas mediante el uso del molinete y cuentan con observadores quienes leen las reglas limnimétricas dos veces por día. Para las estaciones de HYBAM, se utilizó el ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) que funciona con el efecto Doppler (RDI, 1996). Este proyecto, aún reciente, explica que para algunas estaciones (San Sebastián, Puerto Santiago, Nueva Loja, Puente la Unión), las curvas de gasto están todavía incompletas y permiten solamente tener una idea de la magnitud de los flujos que transitan por ellas. Los protocolos

Códigos de la fig. 2	Estación	Cuenca	Altitud (m)	Período	Temp. (°C)	Precip. anual (mm)	RPm*
1	Papallacta	Napo	3 150	1949-1994	9,7	1 529	2,8
2	Baeza	Napo	1 960	1974-1993	16,5	2 348	2,3
3	Reventador	Napo	1 145	1974-1993		6 172	1,4
4	Archidona	Napo	630	1965-1994		4 230	1,9
5	Loreto	Napo	420	1964-1985		1 865	2,9
6	El Coca	Napo	290	1966-1985	25,3	3 065	2,1
7	Tiputini	Napo	219	1954-1988	25,5	2 582	2,5
8	Nuevo Rocafuerte	Napo	205	1976-1999	25,2	2 648	2,4
9	Pisayambo-Talatag	Pastaza	3 580	1966-1986	7,2	1 287	2,2
10	Guamote	Pastaza	3 020	1964-1994	13,6	452	4,6
11	Riobamba Aeropuerto	Pastaza	2 760	1934-1999	13,6	434	4,0
12	Ambato - Granja	Pastaza	2 680	1905-1999	13,8	483	2,7
13	Baños	Pastaza	1 846	1917-1990	17,0	1 364	3,3
14	Pastaza Aeropuerto	Pastaza	1 038	1944-1985	20,6	4 958	1,5
15	Puyo	Pastaza	960	1960-1999	20,8	4 462	1,5
16	Cochabamba-Quingeo	Santiago	2 760	1975-1993		740	4,3
17	Pindilig	Santiago	2 700	1963-1990		1 131	2,7
18	Cuenca Aeropuerto	Santiago	2 516	1930-1999	15,0	803	4,1
19	La Argelia - Loja	Santiago	2 160	1930-1999	15,8	848	2,8
20	Upano D.J. Volcán	Santiago	1 300	1982-1990		2 747	1,9
21	Mendez	Santiago	665	1935-1994		2 160	2,1
22	Yaupi	Santiago	380	1982-1988		3 604	1,6

Tabla 2— Datos climáticos de las estaciones climatológicas estudiadas.

*: cociente de los extremos de los promedios mensuales interanuales de lluvias.

Cód. ver fig.6	Rio	Estacion	Cuenca	Superficie (km ²)	Altitud (m)	Periodo obs.	Caudal Medio anual (m ³ .s-1)	Caudal especifico (l.s-1.km-2)	Escorrentamiento R _{Pm} (mm.año-1)	
1	Aguarico	Nueva Loja	Aguarico	4 350	320	2001-2002	525	120,8	3 808	2,7
2	Quijos	D.J. Oyacachi	Napo	2 540	1 490	1965-1981	200	78,7	2 481	2,2
3	Jatunyacu	D.J. Illocullin	Napo	3 090	570	1967-2002	330	106,8	3 368	1,8
4	Coca	San Sebastian	Napo	5 270	285	2001-2002	305	57,8	1 822	1,6
5	Napo	Fr. de Orellana	Napo	12 800	262	1987-2002	1075	83,9	2 647	1,6
6	Napo	Rocafuerte	Napo	26 860	189	1987-2002	2110	78,6	2 477	1,8
7	Culuchi	A.J. Yanayacu	Pastaza	1 970	2 592	1964-1996	13	6,6	209	1,6
8	Pastaza	Baños	Pastaza	7 865	1 729	1964-1997	100	12,7	401	2,4
9	Pastaza	Puente la Unión	Pastaza	12 600	663	2002	640	50,8	1 602	2,9
10	Paute	D.J. Palmira	Santiago	5 015	1 910	1964-1998	115	22,9	723	3,1
11	Upano	D.J. Tulamangoza	Santiago	3 420	550	1978-1992	295	86,3	2 720	2,3
12	Zamora	A.J. Bomboiza	Santiago	8 240	800	1975-1997	655	79,5	2 507	1,5
13	Santiago	Santiago	Santiago	24 660	320	2001-2002	1425	57,8	1 822	2,6

A.J.: Antes de la Junta ; D.J.: Después de la Junta

Tabla 3 – Presentación de las estaciones hidrológicas estudiadas.

* : cuociente de los extremos de los promedios mensuales interanuales de caudales.

utilizados para el manejo de los flujos hídricos y sólidos son detallados por Laraque et al. (2003). Para resumir, se puede señalar que diariamente en cada una de estas estaciones, un observador registra los niveles y mide la turbiedad del agua, y cada diez días, realiza un muestreo para determinación de concentración de MES mediante filtración (con filtros de acetato de celulosa de 0,45 mm). Finalmente, los caudales y las concentraciones de los elementos en suspensión, así como disueltos, permiten calcular respectivamente, los flujos sólidos y disueltos, para estimar las tasas de erosión, transporte y sedimentación.

3. CLIMA

La región oriental se divide en dos subregiones: “Cuenca Alta o Sub-andina” y “Cuenca Baja o Llanura Amazónica”, con variaciones climáticas importantes. Un primer cálculo establecido por el método de Thiessen, con los datos de las 159 estaciones climatológicas del INAMHI, indica una precipitación media interanual de 2 800 mm.

El análisis de los datos de una selección de 22 estaciones climatológicas del INAMHI (tab. 2) repartidas tanto a lo largo de la Cordillera Oriental, como en la parte amazónica de las tres principales cuencas orientales (fig. 2), ilustra las variaciones espaciales de los regímenes climáticos, tanto en su distribución estacional como en su magnitud. Estos aspectos son evidentemente visibles por la oposición de los pluviogramas promedios mensuales de algunas de sus estaciones. La figura 3a muestra este hecho, para dos estaciones situadas entre 3 000 y 3 600 m de altura en la cuenca alta del Pastaza. Efectivamente, se puede constatar que el período húmedo de la estación Pisayambo-Talatag situada al norte de la cuenca, se presenta simultáneamente al período seco de la de Guamote, situada más al sur, que además tiene una precipitación media anual tres veces inferior a la primera.

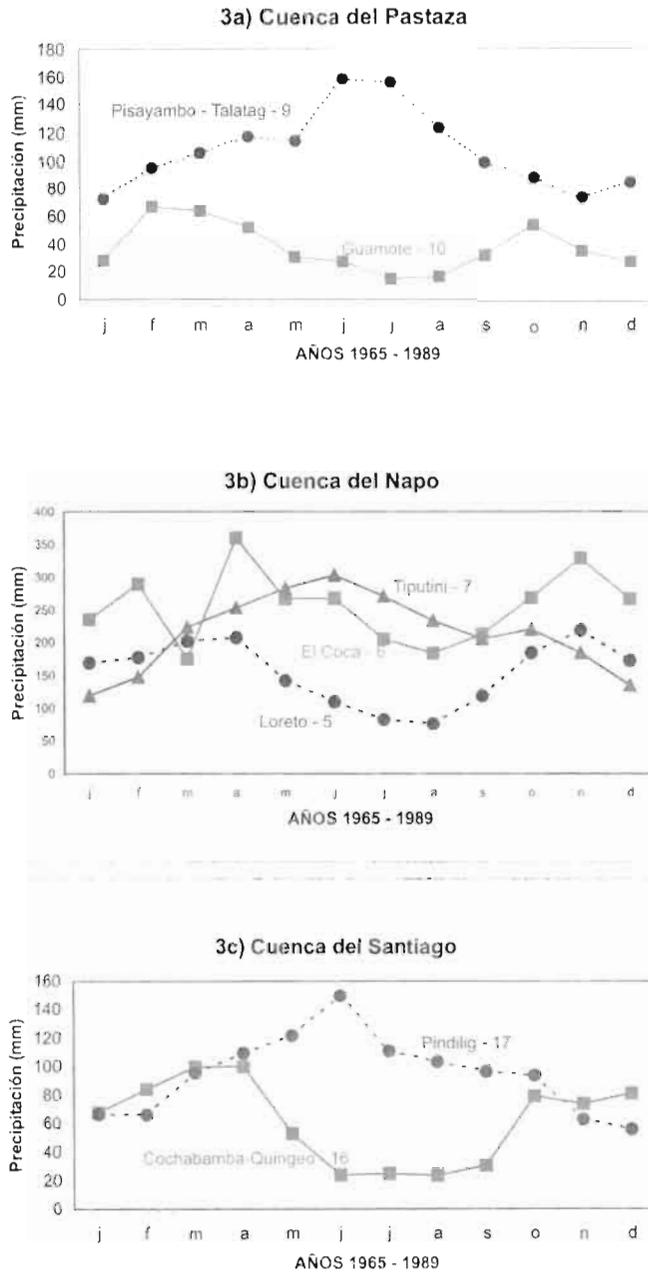


Fig. 3 – Varios regímenes pluviométricos en las cuencas orientales del : a) Pastaza; b) Napo; c) Santiago (los números de estaciones corresponden a la tabla 2 y figura 2).

Lo mismo se puede encontrar tanto en la cuenca del Napo (fig. 3b) como en la del Santiago (fig. 3c). En esta última, la precipitación media anual de 2 305 mm correspondiente al período 1975-1989, y esconde promedios anuales de entre 665 y 3 730 mm. Estos extremos fueron encontrados en dos de las 63 estaciones climáticas compiladas por Hoorelbeke *et al.* (1999).

Por regla general, en la parte oriental de los Andes ecuatorianos se encuentra regímenes pluviométricos tanto unimodales como bimodales (figs 3a y c). La parte baja de la cuenca del Napo presenta también regímenes pluviométricos variados y en ocasiones, casi opuestos (caso de Tiputini y de Loreto). Este clima “amazónico” está calificado como “ecuatorial húmedo” por Pourrut (1994).

Hay un gradiente muy regular de aumento de la temperatura en función inversa a la altura, pasando de promedios anuales de 10°C a 3 000 m hasta 25,5°C a 200 m. La figura 4 nos muestra que las precipitaciones medias anuales también aumentan cuando se penetra en la llanura amazónica, pero esta variación no es similar de una cuenca a otra. Los promedios anuales pasan de un rango de 400-900 mm encima de los 2 100 m, hasta un rango de 2 500-5 000 mm entre los 200 y 1 000 m de altura. Pero hay excepciones como la estación de Papallacta que presenta un promedio anual de 1 530 mm a 3 150 m de altura, o la del Reventador (1 145 m) que tiene el promedio anual máximo de 6 170 mm. Para la cuenca del Pastaza, la tabla 2 mostró, en función de las estaciones, una variación extrema de un factor de 12 para las precipitaciones medias anuales, pasando de 430 a 5 000 mm.año⁻¹.

Finalmente, se puede señalar que la variabilidad pluviométrica estacional disminuye ($RPm =$ cociente de los extremos de los promedios mensuales interanuales de lluvias - tab. 2), en cuanto que los promedios interanuales de precipitaciones aumentan (fig. 5). Esto significa que las precipitaciones interanuales más elevadas están asociadas a regímenes pluviométricos promedios más regulares. Este es el caso de la llanura amazónica (con RPm mínimos de 1,4), donde las precipitaciones son relativamente constantes durante todo el año y nunca inferiores a 100 mm.mes⁻¹. Lo contrario sucede para la cordillera, donde se encuentra RPm máximos de 4,6.

Esta constatación a nivel estacional también se observa a nivel interanual, y es en la parte amazónica del país donde los coeficientes de irregularidad interanual son menores, con $k3$ (cociente de los valores decenales húmedos y secos) = 1,3 en Puyo y Limoncocha (Rossel, 1997).

Como lo señala Heredia & Pombosa (1999), el Oriente es una zona de contrastes climáticos, “donde se encuentran contrapuestas a escasas distancias, zonas cálidas y zonas frías, regiones húmedas y regiones casi desérticas, situación que responde al cruce de varias influencias climáticas de orden regional y local”. La proximidad de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) asociada a un relieve muy elevado y acentuado, podrían ser el origen de la gran variabilidad climática y de la multitud de microclimas encontrados sobre todo en la parte andina.

4. HIDROLOGÍA

Si varios estudios hidrológicos (Erazo *et al.*, 1999; Hoorelbeke *et al.*, 1999; Hoorelbeke & Pérez, 2000) tratan de la parte andina, esto no sucede para la planicie

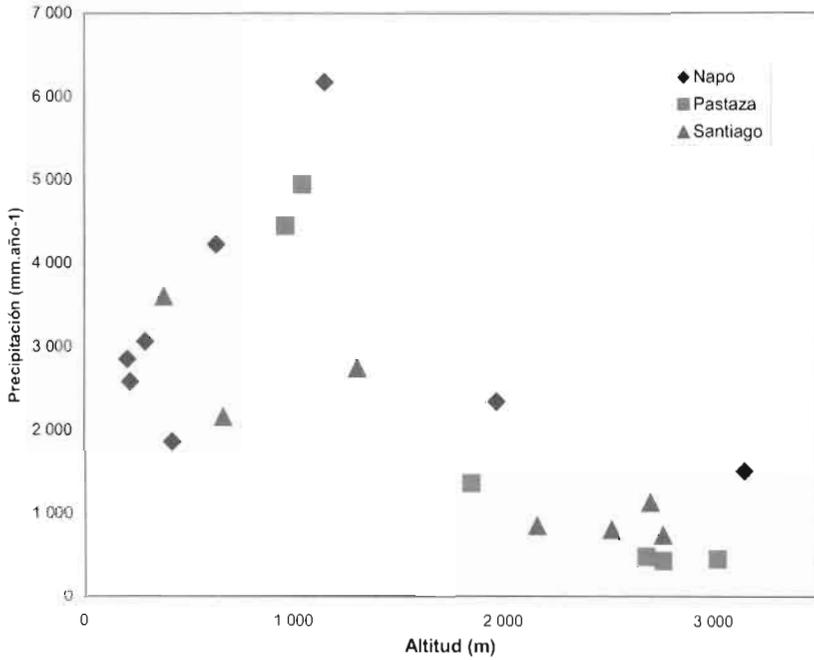


Fig. 4 – Precipitaciones medias anuales vs altitud en las cuencas del Napo, Pastaza, Santiago.

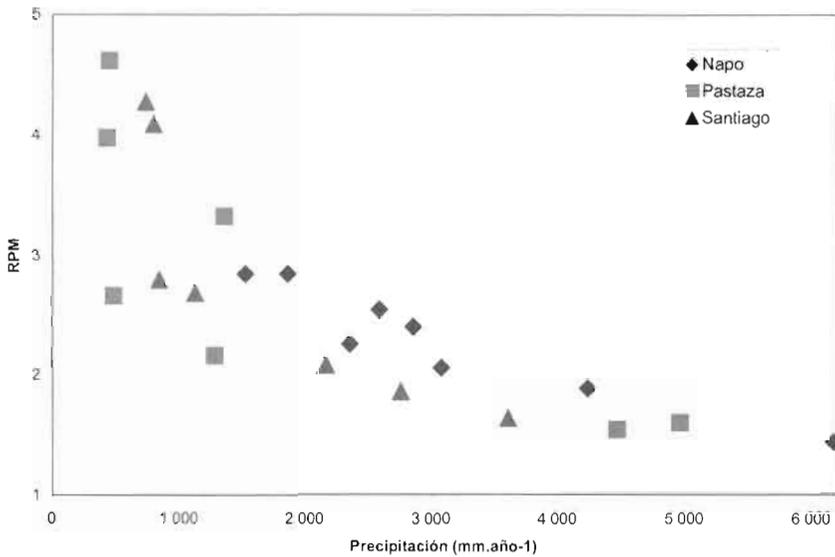


Fig. 5 – Variabilidad estacional (RPM) vs altitud en las cuencas del Napo, Pastaza, Santiago.

amazónica, debido a la falta de estaciones hidrológicas calibradas. En las estaciones abiertas por HYBAM, se debe también considerar que algunos hidrogramas, como el del Pastaza en el Puente la Unión, son provisionales y sus curvas de gasto son aún incompletas (ver § 2. 2).

No existen datos pluviométricos disponibles que correspondan a los 2 años de caudales recientemente obtenidos (2001-2002) en las estaciones que controlan las mayores superficies drenadas del Oriente, y a veces incluso en las salidas de sus principales cuencas (casos del Napo y del Santiago). Por esta razón resulta delicado realizar balances hidroclimatológicos de la totalidad de estas superficies drenadas. Por ejemplo, para la cuenca del Santiago, la precipitación promedio interanual disponible de 2 305 mm, corresponde al período 1975-1089, mientras que los dos únicos años de caudales en su salida, son el 2001 y el 2002.

Para describir la hidrología oriental, se seleccionó tanto en las partes altas como bajas de las cuencas orientales, las estaciones hidrológicas presentadas en la tabla 3, que se pueden ubicar en la figura 6. Las observaciones a nivel climático se reflejan a nivel hidrológico con grandes variaciones espaciales y temporales en los escurrimientos.

El análisis a nivel diario de los hidrogramas del pie de monte (fig. 7a) y de salida de la cuenca del Napo (fig. 7b) muestra la presencia de numerosas crecidas “relámpago”

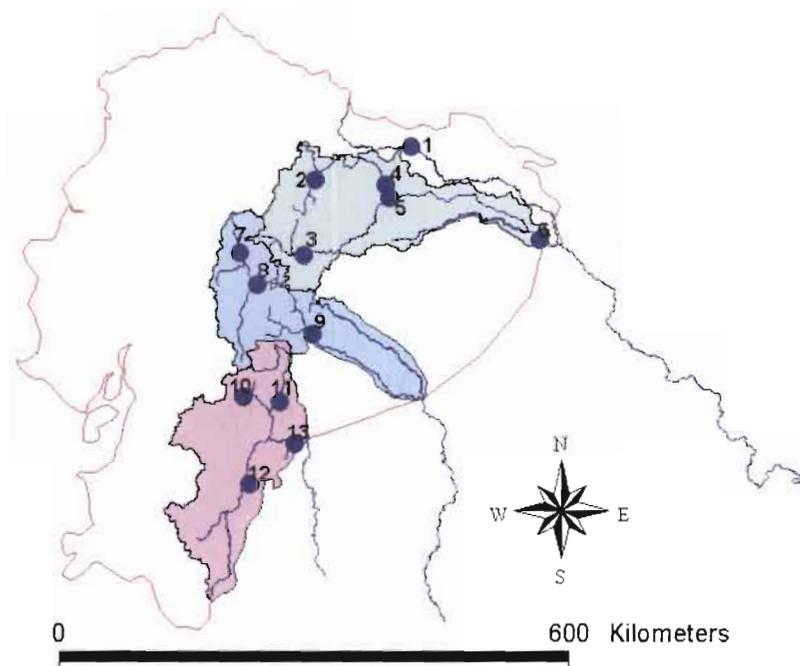


Fig. 6 – Localización de las estaciones hidrológicas estudiadas. Nota : los códigos corresponden a las estaciones presentadas en la tabla 3. Del norte al sur: cuencas del Napo, Pastaza, Santiago.

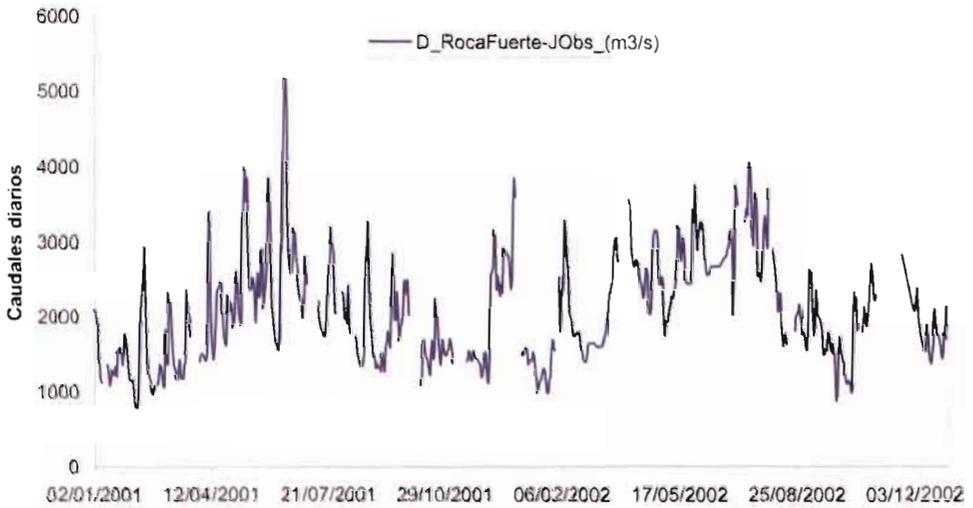
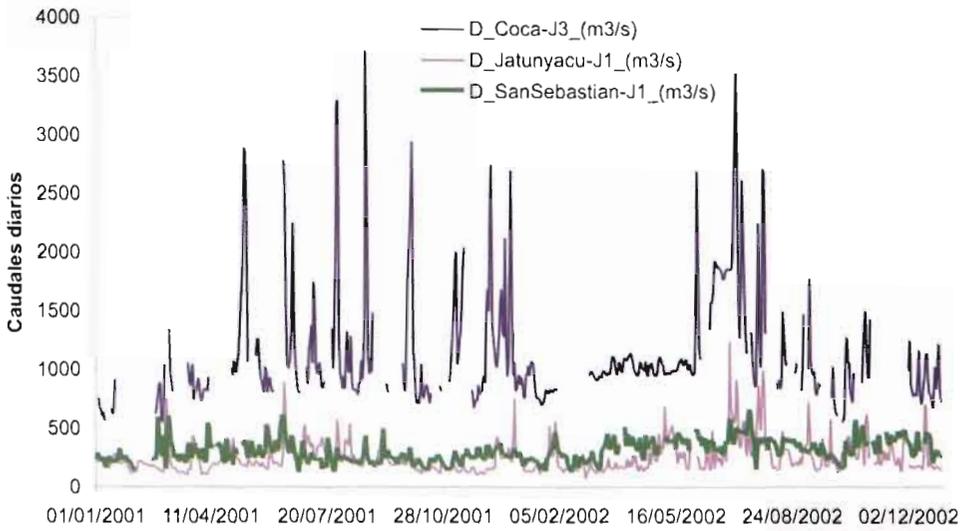


Fig. 7 – Hidrogramas diarios de la cuenca del Napo: a) pie de los Andes; b) amazonía.

de corta duración (del orden de varias horas), pero de muy grande amplitud, que pueden ocurrir en un mismo día. Son regímenes extremadamente irregulares y difícilmente previsibles y no es extraño encontrar crecidas puntuales en estiaje, así como tampoco, pequeños estiajes en época húmeda. Esto refleja la variabilidad climática en cuencas que presentan a la vez características de alta montaña y de llanura. Un ejemplo de la fuerza de estas crecidas es ilustrado por los acontecimientos del día 9 de junio de 2001, fecha en la cual ocurrió una crecida relámpago en el río Pastaza. Esta crecida muy violenta y destructora hizo subir 9 metros el nivel del río Pastaza, en solamente 4 horas, y destruyó totalmente varias viviendas y el puente “La Unión”.

Las figuras 8 presentan para las tres grandes cuencas orientales estudiadas (a-Napo, b-Pastaza, c-Santiago), una selección de hidrogramas mensuales (bajo forma de variable estandarizada) provenientes de estaciones situadas en las partes altas y bajas de cada cuenca. La forma de los hidrogramas nos indican que los regímenes tienen tendencias unimodales en los Andes (con algunas excepciones como para el río Cutuchi A.J. Yanayacu en la cuenca del Pastaza) y pasan progresivamente a bimodal en la Amazonía, con máximas entre mayo y junio. Al contrario de las otras cuencas orientales que tienen una dirección de drenaje del Oeste hacia el Este, la cuenca del Santiago en Puerto Santiago presenta un sentido general de drenaje de Sur a Norte, con un giro brusco hacia el Este, al cruzar la cordillera de Cutucú. Sus hidrogramas con tendencia unimodal (fig. 8c) esconden las variaciones climáticas de su cuenca, donde, de la misma forma que para las subcuencas del Pastaza, se puede encontrar regímenes pluviométricos bimodales o unimodales (Hoorelbeke *et al.*, 1999).

Los caudales medios interanuales para el período observado (2001-2002), de las principales estaciones hidrológicas de las cuencas del Aguarico, Napo, Pastaza y Santiago, son respectivamente de: 500, 2 100, 650 y 1 400 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. El Napo es el río oriental más caudaloso, seguido por el río Santiago y luego por el Pastaza. En total, un volumen de agua de cerca de los $150 \times 10^9 \text{ m}^3 (= 4 650 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$, salen anualmente de estas estaciones.

El caudal específico (Q_s), parámetro que permite comparar el funcionamiento hidrológico de las cuencas entre sí, indica una gran irregularidad espacial con variaciones de 6,6 hasta 110 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Los valores mínimos se encuentran en la parte andina y aumentan en dirección de la llanura amazónica (fig. 9). Sin embargo, este comportamiento representa solo una tendencia, ya que existen estaciones con iguales valores de “ Q_s ” que se encuentran situadas entre 200 y 1 500 m de altura.

Para la cuenca del Pastaza, Erazo & Hoorelbeke (1999) calcularon para el período 1965-1990, un coeficiente de escurrimiento de 64 %, utilizando valores promedio de 2 207 y 1 407 $\text{mm} \cdot \text{año}^{-1}$, respectivamente, para las láminas precipitada y escurrida.

Finalmente puede decirse que no hay relaciones aparentes entre el RPM y las superficies drenadas, los caudales anuales o aquellos específicos. En contrapartida, se puede constatar una cierta tendencia lineal, al relacionar los caudales con las superficies (fig. 10). Tendencia dirigida por las grandes cuencas, muy influenciadas por las llanuras, donde las lluvias son más uniformes. Pero, esta correlación es de baja calidad para las cuencas de superficies inferiores a 10 000 km^2 , que se presentan mayoritariamente en

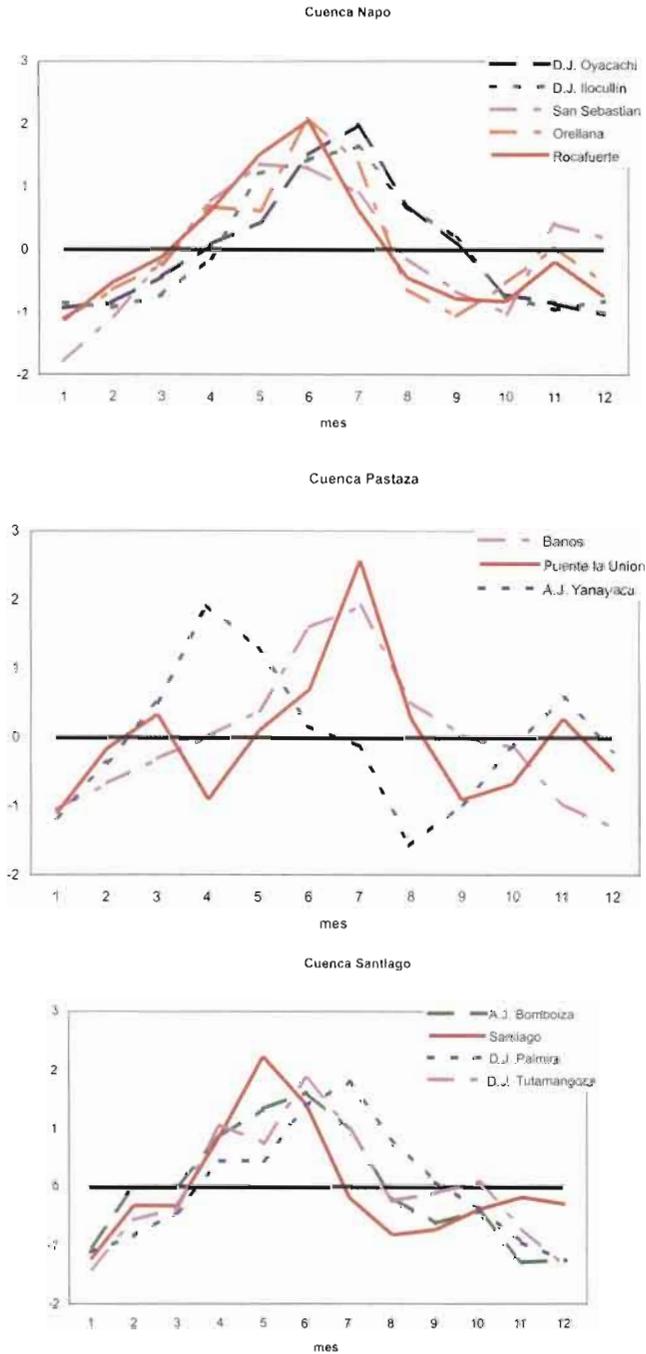


Fig. 8 – Hidrogramas mensuales en algunas estaciones de las cuencas del a) Napo; b) Pastaza; c) Santiago (bajo forma de variable estandarizada). A.J.: Antes de la Junta ; D.J.: Después de la Junta.

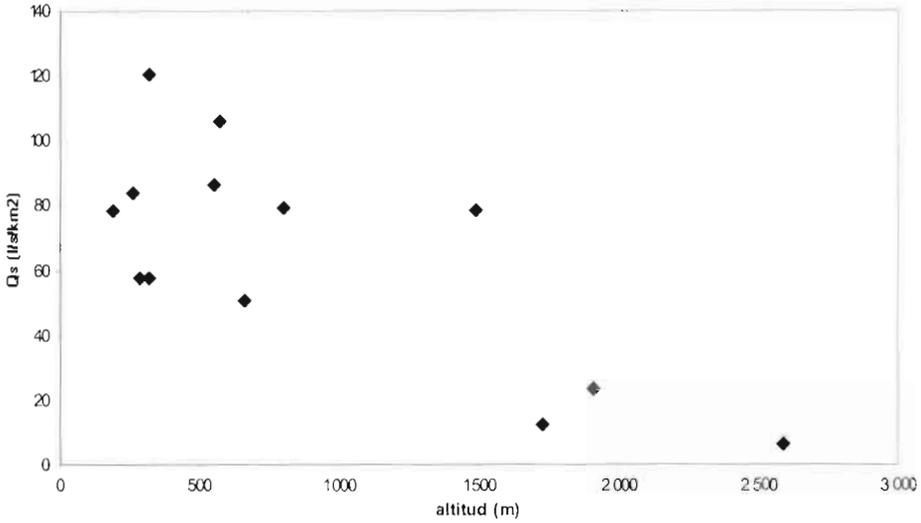


Fig. 9 – Caudales específicos vs altitud en las cuencas del Napo, Pastaza, Santiago.

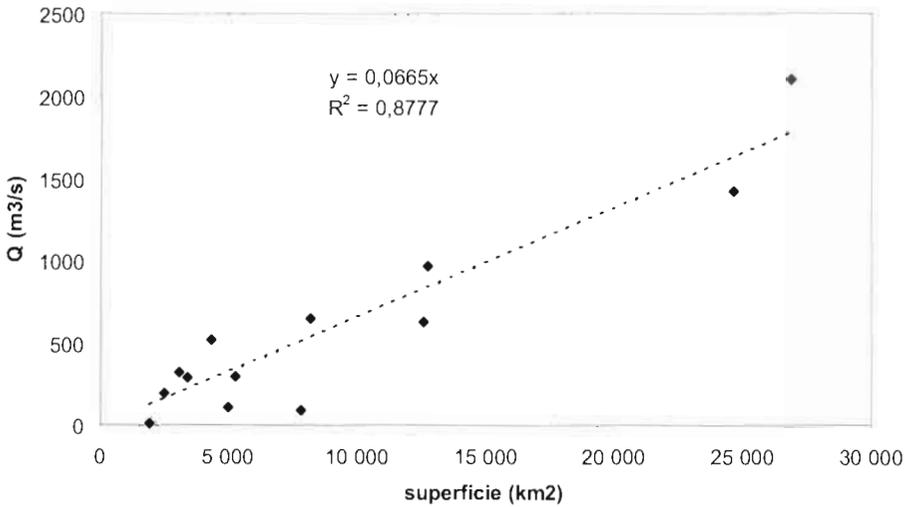


Fig. 10 – Caudales anuales vs superficies en las cuencas del Napo, Pastaza, Santiago.

los Andes, donde domina una fuerte variabilidad en los escurrimientos. Dicha variabilidad refleja la heterogeneidad de las precipitaciones debido al relieve montañoso. Esta oposición Andes-Ilanuras fue evidenciada por los trabajos de regionalización hidrometeorológica de Moreno & Tapia (2001), en las cuencas del Napo y del Pastaza.

La siguiente sección muestra los resultados obtenidos en la totalidad de la cuenca ecuatoriana del Napo, a la vez la más importante del Oriente y la más estudiada. Los datos disponibles nos permiten calcular sus flujos hídricos e hidrosedimentológicos, e interpretar los procesos de transferencia de la carga sedimentaria. Esta cuenca servirá de ejemplo y de orientación para los estudios futuros de las demás cuencas.

5. HIDROSEDIMENTOLOGÍA DE LA CUENCA DEL NAPO

5. 1. Características fisiográficas

El Napo recorre 460 km en territorio ecuatoriano y 840 km en territorio peruano antes de desembocar en el río Marañón/Amazonas. La totalidad de la cuenca del Napo, controlada por la estación peruana de Mazán, cubre 98 455 km². En Ecuador, es la cuenca de mayor envergadura con una superficie de 31 410 km² hasta la frontera con el Perú. Sin embargo, la superficie ecuatoriana controlada por su última estación hidrológica de Nuevo Rocafuerte es de 26 860 km². La parte ecuatoriana de la cuenca del Napo cubre más del 20 % del Oriente ecuatoriano y corresponde a un 32 % de la totalidad de la cuenca del Napo. Pérez (2000), Moreno & Tapia (2001) y Armijos (2002), describieron sus principales características. De la misma manera que para el conjunto de la vertiente oriental del Ecuador (tab. 1), su cuenca está dividida en dos partes, la primera mitad constituida mayormente por la parte montañosa (44,6 %) con alturas superiores a 500 m, y la otra mitad, por la planicie amazónica (55,4 %). El Napo nace cerca de los 4 500 m de altitud con el nombre de Jatunyacu.

Dos estaciones hidrosedimentológicas están situadas en el inicio de las llanuras (Francisco de Orellana en el río Napo y San Sebastián en el río Coca, quien es su principal afluente de margen izquierda); estas estaciones controlan la salida de la parte andina de la cuenca, que tienen características muy contrastadas. En su mayor parte, el curso de agua está caracterizado por un lecho de piedras y una fuerte corriente con remolinos y turbulencias. La estación de Nuevo Rocafuerte cierra la cuenca ecuatoriana a la frontera con el Perú. El 34 % de su superficie, situado entre las estaciones de Francisco de Orellana y San Sebastián, y la de Nuevo Rocafuerte, presentan características fisiográficas (clima, vegetación, relieve...) típicamente amazónicas, pero con un curso poco meándrico. Esta forma de curso proviene de un índice de pendiente relativamente elevado, ya que el gradiente hidráulico promedio es de 35,5 cm.km⁻¹, en los 211 km que separan las estaciones de Fr. de Orellana (a 250 m de altitud) y de Nuevo Rocafuerte (175 m de altitud). Este sector, donde desaparecen los cantos rodados y las fuertes corrientes, muestra orillas bajas y un lecho de arena y barro inestable.

A pesar de su pequeña superficie con respecto a la totalidad de la cuenca amazónica (0,45 %), la cuenca ecuatoriana del Napo es de gran interés debido a su importante geodinámica comentada en el § 5,3, la misma que influye fuertemente sobre sus flujos sedimentarios.

5. 2. Balance hidrológico

Pérez (2000) puso en evidencia la heterogeneidad espacial de la hidroclimatología en la parte andina y en el piedemonte en la parte ecuatoriana de esta cuenca. Los balances hidrológicos, realizados para una decena de sub cuencas con superficies incluidas entre 37 y 4 800 km², con datos pluviométricos e hidrológicos comunes en el período 1975-1989, proveen datos de láminas de precipitación de entre 1 315 y 5 340 mm.an⁻¹, láminas de escurrimiento de entre 765 y 4 285 mm.an⁻¹ y coeficientes de escurrimiento entre 58 y 83 %.

Los datos pluviométricos disponibles para la cuenca del Napo abarcan 15 años (1975-1989) con una precipitación promedio interanual de 3 515 mm. A partir de los datos históricos del INOCAR y de las curvas de gasto de HYBAM, fue posible transformar los 15 años (1987-2002) de niveles de la estación de Nuevo Rocafuerte, en caudales, y así obtener una lámina de escurrimiento interanual de 2 480 mm. Desgraciadamente, estas dos series se sobreponen solamente sobre 2 años. Entonces, considerando como hipótesis, que los promedios interanuales de lluvia así como los de caudales no hayan cambiado significativamente de una época a la otra, se pudo aventurar un primer cálculo de balance hidrológico que generó un coeficiente de escurrimiento de 67 %, con un caudal específico promedio del orden de 80 l.s⁻¹.km⁻².

5. 3. Flujos sedimentarios y erosión

La cordillera andina corresponde solamente al 12 % de la totalidad de la superficie de la cuenca amazónica; sin embargo da origen al 95% del material sólido exportado al océano Atlántico por el río Amazonas (Guyot, 1993). ¿Cuáles son los procesos de exportación del material sólido en el Oriente ecuatoriano? Para responder a esta interrogante, se estudió y comparó los primeros datos hidrosedimentológicos obtenidos en 2001 y 2002 en varias estaciones de la cuenca del Napo, provenientes (de aguas arriba hacia aguas abajo) de las estaciones de D.J. Ilocullín, San Sebastián, Francisco de Orellana y Nuevo Rocafuerte.

Las concentraciones obtenidas de MES, muestran una amplia gama de variación entre extremos de 0,6 y 2 690 mg.l⁻¹, en función de las estaciones, pese a que las concentraciones anuales promedio se sitúan entre 150 y 240 mg.l⁻¹. Los cocientes en concentración de MES extremos (tab. 4) disminuyen de 1 905 a 41, de la siguiente manera: D.J. Ilocullín (1 905), San Sebastián (280), Fr. de Orellana (76) y Nuevo Rocafuerte (41), de aguas arriba (Andes) hacia aguas abajo (planicie), en relación con el gradiente altitudinal y el aumento de las superficies drenadas. La misma tendencia se presenta para los cocientes de caudales extremos diarios, pero con amplitudes mucho más pequeñas, entre 18 (D.J. Ilocullín) y 5,4 (Nuevo Rocafuerte). Estas amplitudes se relacionan y provocan amplitudes mayores entre los caudales sólidos (QS) extremos. Para D.J. Ilocullín, los máximos diarios de QS son 17 000 veces superiores en crecida que en estiaje, debido esencialmente a una carga en suspensión muy débil en esta época del año en la cual las aguas son cristalinas. La misma tabla 4 presenta los primeros cálculos de flujos sedimentarios y de exportaciones específicas, obtenidas en las subcuencas del Napo a partir de los datos colectados en los años 2001 y 2002. Las tasas

de erosión específicas (QSs) varían entre 540 y 1 260 t.km⁻².año⁻¹. Este último valor está ligado a la cuenca del río Coca, mayor proveedor de material sedimentario, aunque su escurrimiento específico (Qs) es el menor de entre las cuencas estudiadas. La porción (o la totalidad de la porción) de la cuenca del Napo controlada en Nuevo Rocafuerte presenta un QSs de 900 t.km⁻².año⁻¹, lo que corresponde a una exportación anual de MES del Ecuador, de 24 x 10⁶ t.año⁻¹.

La parte andina libera 13,6x10⁶ toneladas de MES, y un total de 24,2x10⁶ toneladas de MES salen de la cuenca en Nuevo Rocafuerte. Esto significa que la diferencia (10,6x10⁶ toneladas de MES) proviene de la superficie de 8 800 km² situada entre las estaciones de Francisco de Orellana y San Sebastián (aguas arriba), y la estación de Nuevo Rocafuerte (aguas abajo). Esta superficie presenta entonces una exportación específica de 1 208 t.km⁻².año⁻¹. Esta tasa podría parecer enorme tomando en cuenta la casi ausencia de relieve en este sector poco drenado por ríos selváticos aparentemente poco erosivos. Pero se puede destacar un gradiente hidráulico alto (35,5 cm.km⁻¹) en el tramo de llanura “Francisco de Orellana - Nuevo Rocafuerte”, en tanto que en la cuenca amazónica brasileña los gradientes son de entre 3 cm.km⁻¹ hasta 3 mm.km⁻¹ en su centro. Laraque *et al.* (2004) consideran que este gradiente explica por una parte el curso poco meándrico del Napo en este tramo, y por otra, las velocidades suficientemente fuertes del río como para remover el material en suspensión sedimentario fino de su cauce. Estas interpretaciones concuerdan con las de Baby *et al.* (1999), que relacionan esta importante erosión al pie de los Andes, con una tectónica muy activa de levantamiento con presencia de formaciones fluviales muy débiles. Este levantamiento tectónico proviene de la subducción de la placa de Nazca bajo el continente sudamericano.

Más detalladamente, al nivel de los eventos de los ciclos hidrológicos, la particularidad y la dificultad del estudio y de la cuantificación de las variaciones temporales de los flujos hidrosedimentarios al pie de los Andes, se deben a una gran actividad hidrológica de las cuencas hidrográficas con un tiempo muy corto de repuesta a las precipitaciones. Sus violentas crecidas imprevisibles son verdaderas “olas” cargadas de MES, difíciles de determinar. Esta carga en MES está considerablemente afectada por una geodinámica andina intensa (volcanismo, sismos...) que provoca numerosos derrumbes de diversas amplitudes. Algunos son gigantescos, como el ejemplo de “La Josefina” del 29 de marzo de 1993 en el río Paute (cuenca del Santiago), estimado entre 30x10⁶ y 50x10⁶ m³ por Zevallos *et al.* (1996) y Cadier (1993). Lamentablemente, el presente estudio es reciente y no contamos con suficientes datos, mediciones, y objetividad para evaluar sus frecuencias e impactos en los flujos sólidos exportados por las cuencas fluviales orientales.

CONCLUSIONES

La cuenca amazónica ecuatoriana presenta una gran variabilidad en los regímenes climáticos e hidrológicos, a veces unimodales, otras veces bimodales. Los valores pluviométricos, así como aquellos de los escurrimientos, sufren cambios importantes en un ambiente muy contrastado, entre los Andes y la llanura amazónica. Las precipitaciones aumentan, desde la Cordillera hacia la planicie amazónica, donde alcanzan promedios interanuales de 3 000 mm.año⁻¹, con regímenes más regulares que en los Andes. La

variación espacial de los escurrimientos se evidencia a través de los caudales específicos que varían de 6,6 (Andes) hasta $1\ 10\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$! Un total anual de $150\times 10^9\text{ m}^3$ de agua sale de las principales estaciones hidrológicas de las cuatro cuencas orientales más importantes. La cuenca del Napo es la mayor cuenca, con un caudal anual promedio de $2\ 100\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

Desde el punto de vista hidrosedimentológico, los primeros resultados e interpretaciones del funcionamiento de la cuenca del Napo durante los años 2001 y 2002, indican que esta exporta anualmente un total de $63\times 10^9\text{ m}^3$ de flujo hídrico, y 24×10^3 toneladas de flujo sólido. Cerca del 45 % de este flujo sólido proviene de la remoción de los sedimentos fluviales finos, a lo largo del tramo de 200 kilómetros, entre las ciudades de Francisco de Orellana y Nuevo Rocafuerte. Estos resultados confirman las observaciones de otros autores (Burgos *et al.*, capítulo 1 de este libro) a escala de tiempo más amplia, que muestran que desde el fin del Neógeno y durante el Cuaternario, la cuenca de ante-país "Oriente", actúa bajo la influencia del levantamiento subandino, como una zona de transferencia de sedimentos andinos y de erosión de acumulaciones anteriores acaecidas en la misma cuenca cuando las pendientes eran más suaves y el bajo Napo tenía un perfil en equilibrio.

Agradecimientos

A los participantes del proyecto HYBAM/Ecuador y a sus Instituciones de origen: EPN, INAMHI, INOCAR, IRD, UCE.

Referencias citadas

- ARMIJOS, E., 2002 – Estudio hidrofísico de las cuencas de los ríos Napo, Pastaza y Santiago dentro del proyecto Hybam. Thèse d'ingénieur civil de l'UCE (Universidad Central de Ecuador), 126 p. + anexos.
- BABY P., GUYOT J.L., DENIAUD Y., ZUBIETA D., CHRISTOPHOUL F., RIVADENEIRA M. & JARA F., 1999 – The High Amazonian Basin: tectonic control and mass balance. *In: Hydrological and Geochemical Process in Large-scale River Basins*, Manaus'99 Symposium, Manaus, 16-19 nov. 1999.
- CADIER, E., 1993 – Le point sur le suivi du glissement de terrain de la Josefina. Rapport interne ORSTOM, juin 1993, 6 p.
- ERAZO A. & HOORELBEKE R., 1999 – Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Pastaza. Publ. HIBAM. Quito, 46p.
- GEORGESCU, C.P., 1993 – Integración fluvial Sudamérica/ South-American River Integracion. Bilingual-edition, Caracas, USB, BID, 1993, 115 p.
- GUYOT, J.L., 1993. Hydrogéochimie des fleuves de l' Amazonie bolivienne. ORSTOM Ed., 261 p.
- HEREDIA E. & POMBOSA, R., 1999 – Influencia del ENSO sobre los caudales mensuales de las grandes cuencas hidrográficas del Ecuador. *In: Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins*, Nov., 15-19, 1999, Manaus, Brésil.
- HOORELBEKE, R. & PÉREZ, V., 1999 – *Datos meteorológicos de la cuenca del Río Napo*. Publ. HIBAM, Quito, 213 p.

- HOORELBEKE R., POMBOSA R. & ROURA J. 1999 – *Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Santiago*. Publ. HIBAM, Quito, 35 p.
- HUMBOLDT, VON A., 1825 – *Voyages dans l'Amérique équinoxiale. I. Itinéraire*. Trad. C. Minguet. Ed. F. Maspero, 1980, Paris, 295 p.
- LARAQUE, A., CERÓN, C., EISSEN, J.P., BOURDON, E. & MUÑOZ, T., 2002 – Primer estudio limnológico de la laguna del volcán El Altar en los Andes ecuatorianos. V Seminario Colombiano de Limnología & I Reunión Internacional de limnología del Alto Amazonas. Leticia (Amazonas) Colombia - Mayo 20 a 24 de 2002.
- LARAQUE, A., POMBOSA, R., CERÓN, C., ARMIJOS, E. & MAGAT, P. 2003 – La red de estaciones de referencias del proyecto HYBAM en Ecuador – Primeros resultados. Informe Interno IRD-INAMHI, 50 p. + anexos.
- LARAQUE, A., CERÓN, C., ARMIJOS, E., POMBOSA, R., MAGAT, P. & GUYOT, J.L. (accepted) – Sediment yields and erosion rates in the Napo River Basin: an Ecuadorian Andean Amazon tributary. *In: Sediment transfer through the fluvial system* – International Conference of IAHS. August 2-6, 2004 - Moscow, Russia.
- MORENO, F. & TAPIA, A., 2001 – Regionalización hidrometeorológica de las cuencas amazónicas. Tesis de ingeniero civil de l'UCE (Universidad Central de Ecuador), 75 p. + anexos.
- MULLER F., SEYLER F. & GUYOT J.L. 1999 – Utilisation d'imagerie radar (ROS) JERS-1 pour l'obtention de réseaux de drainage. Exemple du Rio Negro (Amazonie). Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins, Nov., 15-19, 1999, Manaus, Brésil.
- MULLER F., SEYLER F., COCHONNEAU G. & GUYOT J.L. 2000 – Watersheds extraction using DEM and drainage network in the whole Amazon river basin. 4th International Conference on integrating Geographic Information Systems (GIS) and environmental modelling (GIS/EM4). September 2-8, 2000: The Banff Centre for Conference, Banff, Alberta, Canada.
- PÉREZ, V., 2000 – Balance hídrico superficial de la cuenca del Río Napo. Tesis, Universidad Central del Ecuador, Quito, 132 p.
- POURRUT, P., 1994 – Climat de l'Équateur. *In: l'eau en Équateur, principaux acquis en hydroclimatologie*. ORSTOM Editions: 30-42.
- RDI, 1996 – Acoustic Doppler Current Profilers – Principles of Operation: A practical Primer. Second Edition for broadBand ADCPs. San Diego California, USA. 54 p.
- ROSSEL, F. 1997 – Influence du Niño sur les régimes pluviométriques de l'Équateur. Thèse Univ. Montpellier. 289 p.
- UNESCO, 1980 – Carte de la végétation d'Amérique du sud. Echelle : 1/5 000 000, Ed. UNESCO.
- ZEVALLOS, O., FERNÁNDEZ, M.A., NIETO, G.P. & SOJOS, S.K., 1996 – Sin plazo para la esperanza. Reporte sobre el desastre de la Josefina-Ecuador, 1993, Ed. E.P.N., 348 p.

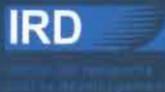
LÉXICO

A.J.	: Antes de la Junta
D.J.	: Después de la Junta
EPN	: Escuela Politécnica Nacional
IFEA	: Instituto Francés de Estudios Andinos
INAMHI	: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INOCAR	: Instituto Nacional Oceanográfico de la Armada
INSU	: Instituto Nacional de las Ciencias del Universo
IRD	: Instituto de Investigación para el Desarrollo
MES	: Material En Suspensión
[MES]	: símbolo de las concentraciones de Material En Suspensión (en mg.l ⁻¹)
MNT	: Modelo Numérico de Terreno
PNSE	: Programa Nacional Suelo Erosión



LA CUENCA ORIENTE: GEOLOGÍA Y PETRÓLEO

Patrice Baby
Marco Rivadeneira
Roberto Barragán
(Editores científicos)



ÍNDICE

PRÓLOGO	9
<i>René Marocco</i>	
AGRADECIMIENTOS	11
INTRODUCCIÓN	13
<i>Patrice BABY, Marco RIVADENEIRA, Roberto BARRAGÁN</i>	
Capítulo 1: Estratigrafía, estructura y evolución geodinámica de la Cuenca Oriente	
EL PRE-APTENSE EN LA CUENCA ORIENTE ECUATORIANA	23
<i>Marlon DÍAZ, Patrice BABY, Marco RIVADENEIRA, Frédéric CHRISTOPHOUL</i>	
ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DEL CRETACIO DE LA CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR	45
<i>Roberto BARRAGÁN, Frédéric CHRISTOPHOUL, Howard WHITE, Patrice BABY, Marco RIVADENEIRA, Félix RAMÍREZ, José RODAS</i>	
MAGMATISMO ALCALINO INTRA-PLACA EN LA CUENCA CRETÁCICA ORIENTE, ECUADOR: EVIDENCIAS GEOQUÍMICAS, GEOCRONOLÓGICAS Y TECTÓNICAS	69
<i>Roberto BARRAGÁN, Patrice BABY</i>	
DINÁMICA DE LA CUENCA DE ANTE-PAÍS ORIENTAL DESDE EL PALEÓGENO	93
<i>Frédéric CHRISTOPHOUL, José David BURGOS, Patrice BABY, Jean-Claude SOULA, Séverine BÈS DE BERC, Celso DÁVILA, Michel ROSERO, Marco RIVADENEIRA</i>	

CUANTIFICACIÓN DE LAS EROSIONES TERCIARIAS Y PLIO-CUATERNARIAS EN LA PARTE SUR DE LA CUENCA ORIENTE	115
<i>José David BURGOS, Patrice BABY, Frédéric CHRISTOPHOUL, Jean-Claude SOULA, Philippe ROCHAT</i>	
HIDROCLIMATOLOGÍA DEL ORIENTE E HIDROSEDIMENTOLOGÍA DE LA CUENCA DEL NAPO	131
<i>Alain LARAQUE, Jean Loup GUYOT, Rodrigo POMBOSA</i>	
LA SUPERFICIE MERA-UPANO: MARCADOR GEOMORFOLÓGICO DE LA INCISIÓN FLUVIATIL Y DEL LEVANTAMIENTO TECTÓNICO DE LA ZONA SUBANDINA	153
<i>Séverine BÈS DE BERC, Patrice BABY, Jaime ROSERO, Marc SOURIS, Jean-Claude SOULA, Frédéric CHRISTOPHOUL, Jorge VEGA</i>	
EL ENJAMBRE SÍSMICO DE MACAS (CORDILLERA DE CUTUCÚ)	169
<i>Denis LEGRAND, Patrice BABY, Francis BONDOUX, Catherine DORBATH, Séverine BÈS DE BERC, Marco RIVADENEIRA</i>	
EVOLUCIÓN MAGMÁTICA ACTUAL DE LA ZONA SUBANDINA: VOLCANES EL REVENTADOR Y SUMACO, MODELOS GEODINÁMICOS PRELIMINARES	183
<i>Roberto BARRAGÁN, Patrice BABY</i>	
Capítulo 2: Historia de la exploración y principales campos petroleros de la petroproducción	
BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LA EXPLOTACIÓN PETROLERA DE LA CUENCA ORIENTE	205
<i>Marco RIVADENEIRA</i>	
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES DE LOS PRINCIPALES CAMPOS PETROLEROS DE PETROPRODUCCIÓN	229
<i>Marco RIVADENEIRA, Patrice BABY</i>	